



TITLE:

Adaptive differentiation of *Lathyrus japonicus* (beach pea; Fabaceae) between coastal and freshwater environments based on genetic and ecophysiological analyses( Abstract\_要旨 )

AUTHOR(S):

Ohtsuki, Tatsuo

---

CITATION:

Ohtsuki, Tatsuo. Adaptive differentiation of *Lathyrus japonicus* (beach pea; Fabaceae) between coastal and freshwater environments based on genetic and ecophysiological analyses. 京都大学, 2015, 博士(人間・環境学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k19085>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開; 許諾条件により要約は2016/03/22に公開; 許諾条件により要旨は2015/06/22に公開

京都大学	博士（人間・環境学）	氏名	大槻 達郎
論文題目	Adaptive differentiation of <i>Lathyrus japonicus</i> (beach pea; Fabaceae) between coastal and freshwater environments based on genetic and ecophysiological analyses (遺伝学・生態生理学的解析に基づいた、海浜と湖岸に生育するハマエンドウにおける適応的分化)		
(論文内容の要旨)			
<p>地球上の生物多様性の成立過程を解明することは、生物学の大きな課題のひとつである。種多様性を生み出す要因のなかで、地理的な隔離は、集団間の遺伝子流動を阻害するために、異所的種分化をもたらす主要な原因と考えられている。また、分布分断に伴う生育環境の変化は、集団間に生理的特性の分化をもたらすと考えられる。そのため、分断分布する生物の種内における生理的分化を明らかにすることは、地域適応や種内分化機構の解明に資するものである。</p> <p>ハマエンドウ(マメ科)は海浜のみならず、琵琶湖の湖岸など淡水環境にも隔離分布する海浜植物である。琵琶湖は長い歴史を持つ古代湖であり、そこに生育するハマエンドウの集団(湖岸集団)は湖岸環境に適応している可能性がある。しかし、湖岸集団と海浜集団間における遺伝的・生理的分化の有無については不明であった。本論文では、遺伝学的・生態生理学的解析を行って、湖岸および海浜集団間における集団動態の歴史と地域適応に關与する表現型を明らかにしたものである。本論文は、研究の背景や概要を説明する序論に始まり、実験研究を記述する第1章から5章で構成されている。</p> <p>第1・2章では、分子マーカーを用いた集団多型解析を行うことで、湖岸と海浜集団間の遺伝的な分化を明らかにした。次に、両集団の歴史的な集団動態について、集団動態モデルを用いた解析を行った。その結果、湖岸および海浜集団は、最終氷期以降に祖先集団と遺伝的に分岐したことが推定された。以上のことから湖岸集団は、縄文海進の際に移入した祖先(海浜)集団に由来し、海退によって琵琶湖に隔離され、現在の湖岸集団が形成されたと推定された。</p> <p>第3章では、集団間の形態的・生化学的な分化を検証するべく、それぞれの自生地において、葉の厚さを計測し、葉内のフラボノイド組成について高速液体クロマトグラフィー分析を行った。その結果、湖岸集団は海浜集団よりも葉が薄く、両集団ではフラボノイド組成が異なることが明らかとなった。第4章では、近年に汽水湖から淡水湖へと変化した霞ヶ浦集団を加えて、塩水・乾燥・高浸透圧条件下での生理状態の集団間比較を行った。その結果、琵琶湖集団の個体は他集団の個体と比べて耐塩性が低下しており、植物体</p>			

内(地上部)に $\text{Na}^+$ を過剰に蓄積していた。したがって、この耐塩性の低下は、過剰摂取した $\text{Na}^+$ によるイオンホメオスタシスの攪乱に起因すると推測された。一方で霞ヶ浦集団の個体は、湖岸環境下において植物体の乾燥重量が有意に増加した。それゆえ、ハマエンドウが琵琶湖の湖岸環境に長期間にわたって隔離されたことが、湖岸と海浜集団の生理的分化をもたらす要因であることが示された。

第5章では、湖岸集団と海浜集団を琵琶湖湖岸と松名瀬海岸の間で相互移植し、生理生態解析を行った。その結果、海浜集団の湖岸移植個体は本来の自生地よりも個体あたりの花数が減少しただけでなく、気孔コンダクタンスの低下に伴う光合成速度の低下が見られた。湖岸集団の海浜移植個体は、上記の湖岸移植個体と同様の反応を示しただけでなく、地上部における $\text{Na}^+$ と、葉内におけるアブシジン酸が海浜由来の自生個体よりも有意に蓄積されていた。一般的には、植物は塩ストレスを受けると、アブシジン酸濃度が上昇し、気孔の閉鎖（気孔コンダクタンスの低下）が誘導されることが知られている。従って、この海浜移植個体における光合成速度の低下は、耐塩性の低下による塩ストレスに起因すると考えられた。さらに、湖岸集団の海浜移植個体は、塩・乾燥ストレスを同時に受けると海浜の自生個体に比べて生存率が有意に低下することがわかった。以上の結果を総合すると、湖岸集団と海浜集団はともに自生地の環境に適応しており、この適応には気孔コンダクタンスの維持が重要であると結論できる。

本論文では、ハマエンドウの湖岸環境への進出には、生理的分化が重要な役割を果たしていることを明らかにした。また、地理的な隔離によってもたらされた生理的分化は、生態的分化に関与する可能性を提示した。地域適応は種分化に先行して起こることが多く知られており、本研究では集団分化の過程における生理的分化の重要性を改めて示したことになる。

(論文審査の結果の要旨)

生物集団の地理的隔離は、集団間の遺伝子流動を阻害するために、集団間の遺伝的分化をもたらし、その隔離が長期にわたれば、この遺伝的分化が異所的種分化につながることもありうる。ハマエンドウは海浜に生育するマメ科の多年草であるが、海から遠く隔てられた琵琶湖の湖岸にも集団があることが知られている。海浜から内陸に進出したハマエンドウが、どのように集団の遺伝的分化を遂げ、また湖岸という新しい環境にどのように適応していったのかを明らかにすることは、生物の集団分化の過程を知る手がかりとなるであろう。

本研究は、ハマエンドウの湖岸集団と海浜集団を対象にして、集団間の遺伝的分化と、環境への生理的適応を明らかにしようとしたものである。遺伝的マーカーを使って両集団の集団解析を行い、さらに集団動態モデルを使って、両集団が隔離した年代を推定した。さらに、両集団をさまざまな環境条件下で栽培し、それぞれの生理的特性を明らかにした上で、両集団の相互移植実験によって、環境への適応を実証しようとしている。

本論文の序論では、琵琶湖に隔離分布する海浜植物の来歴に関する先行研究と、海浜植物による高塩分環境への適応に関する先行研究を俯瞰し、本論文でハマエンドウに着目した理由と研究の目的を的確にまとめている。ハマエンドウは世界の海浜に広く分布するが、琵琶湖の湖岸をはじめとした湖岸環境にも隔離分布する。したがって、元来は海浜植物として耐塩性などの性質を保有していた集団が、内陸の環境に進出して世代を重ねたのちに、耐塩性を喪失しているのではないかというのが、この研究の仮説である。この仮説を検証する前に、琵琶湖の湖岸集団が海岸集団から遺伝的に分化しているのか調査することが必要である。第1章と第2章では、それぞれ異なる種類のDNAマーカーを異なる手法で用いることによって、琵琶湖の集団が海浜の集団から遺伝的に分化していることを明らかにするとともに、これらの集団の分岐が縄文海進後の時代であることを実証した。琵琶湖は世界有数の古代湖として著名であり、琵琶湖に生育する海浜植物も古い起源を持つと考えられてきたため、ハマエンドウの湖岸集団の起源が新しいという知見は斬新なものである。

つづく第3章では、湖岸集団と海浜集団の間で、葉の厚さや、葉に含まれる抗酸化物質フラボノイドの組成が大きく異なっていることを明らかにした。海浜の集団では葉が厚くなっており、抗酸化力が強いケルセチンが顕著に多くなっていた。フラボノイドの組成が集団間で大きく異なっていたという知見は新しく、その適応的

な意義が実証されることが望まれる。

第4章では、ハマエンドウの耐塩性を琵琶湖の集団と海浜の集団の間で比較している。興味深いのは、琵琶湖の集団において耐塩性が低下しており、地上部に $\text{Na}^+$ を過剰摂取していた点である。湖岸集団のハマエンドウは海浜集団のものに比べて、 $\text{Na}^+$ を根から過剰に吸収してしまい、植物体内のイオンバランスを崩して枯死しやすいと考えられる。このように、耐塩性の低い湖岸集団のハマエンドウは、海浜に進出しても海浜環境に適応できずに枯死しやすく、このような生理的特性がもたらす適応度の違いが集団間分化を促していると解釈できる。

第5章では、湖岸集団と海浜集団を相互移植して、それぞれの移植個体について、葉内におけるアブシジン酸濃度と気孔コンダクタンス、光合成速度、株あたりの花数、生存率を測定した。その結果、相互移植は植物体内の生理的ストレスをもたらし、光合成速度の低下や成長率の低下、繁殖力の低下、生存率の低下などを招くことが明らかになった。これらの結果は、湖岸集団と海岸集団のいずれもが、自生地の環境に生理的に適応していることを実証したものであり、高く評価できる。これらの研究は、実際にどの遺伝子にどのような変異が入ることによって適応が起こったかを解明するための重要な知見をもたらしたと言える。

以上のように本論文は、DNAの変異をマーカーにした集団間の遺伝的分化の解析と、大規模な相互移植実験にもとづく生理的特性の測定によって、湖岸と海浜に分布をする植物が生育地の環境に生理的に適応を遂げつつ遺伝的にも分化していったことを実証したものであり、植物の集団分化機構の一端を明らかにした研究として高く評価される。

よって、本論文は博士（人間・環境学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月20日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、投稿論文が公表されるまでの間、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。

要旨公表可能日： 平成27年 6月22日以降